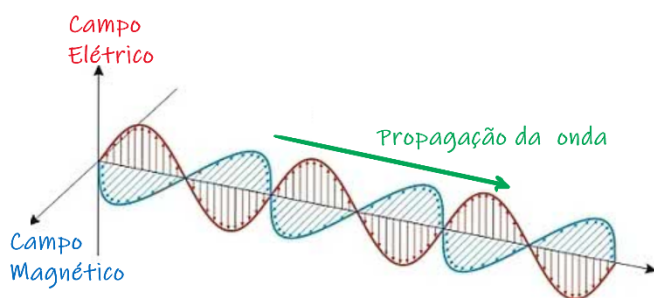
CAPÍTULO 1 – ONDULATÓRIA - NOÇÕES BÁSICAS

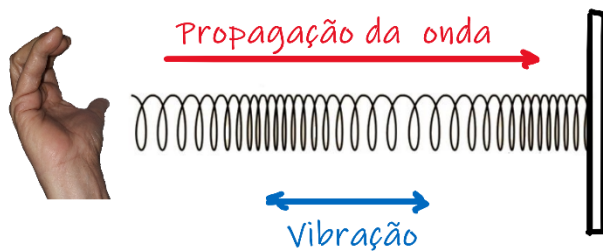
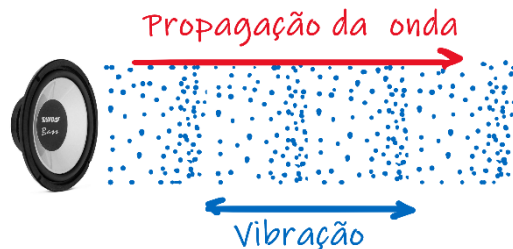
1- Conceito: São perturbações que se propagam pelo espaço sem transporte de matéria, apenas de energia. Toda onda envolve propagação de energia.
O elemento que produz a onda é chamado de fonte. Por exemplo: uma pedra caindo na água, uma pessoa balançando uma corda, a vibração da corda de um violão, uma lanterna emitindo uma luz.

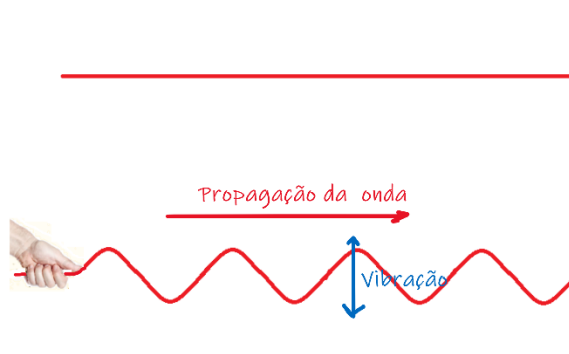
2- Classificação da onda quanto ao meio de propagação:
2.1 - Ondas mecânicas: São aquelas que necessitam de um meio material para se propagarem. Como dito no conceito é a energia que se propaga não a matéria.
As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.
Podemos citar como exemplos: a onda na água, onda em uma corda, onda em uma mola, onda sonora.

2.2 – Ondas eletromagnéticas: São aquelas que não necessitam de um meio material para se propagar, ou seja, se propagam na presença de matéria ou na sua falta. As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.
As ondas eletromagnéticas são compostas por dois campos variáveis, um elétrico e outro magnético, eles são perpendiculares entre si e perpendiculares a direção de propagação. Veremos mais detalhes sobre esses campos no estudo de eletromagnetismo.

Podemos citar como exemplos de ondas eletromagnéticas: a luz, as ondas de rádio e TV, o raio X, o laser, as micro-ondas, entre outras.

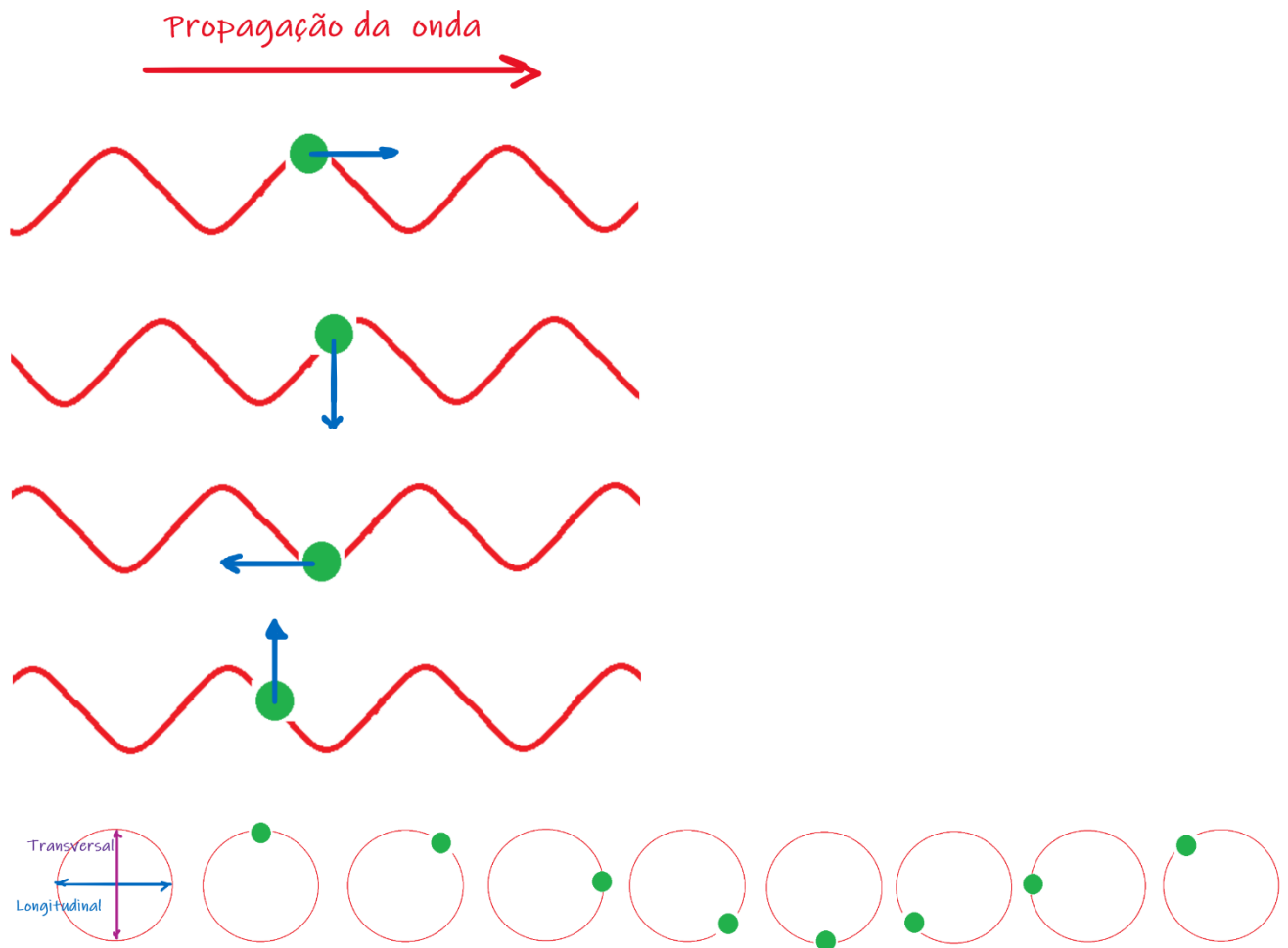
Toda onda eletromagnética tem a mesma velocidade no vácuo ($c=3.10^{8} m/s$), conforme visto na óptica.

Nos meios materiais as velocidades das ondas eletromagnéticas dependem se suas frequências.

3- Classificação das ondas quanto a direção de vibração:
3.1 – Ondas longitudinais: São aquelas nas quais as vibrações nas partículas do meio material são na mesma direção em que a onda se propaga.
Exemplo1: Ao provocar uma perturbação na mola por meio da mão, conforme a figura abaixo, a mola irá vibrar paralelamente à direção de propagação da onda. É interessante você notar que na mola teremos regiões de compressão intercalas com regiões de rarefação.

Exemplo 2: O som quando se propaga nos meios fluidos é uma onda longitudinal.

O alto-falante é a fonte sonora, o ar vibra na mesma direção de propagação da onda.
As vibrações criam áreas de baixa pressão (rarefeita) e de alta pressão (comprimida);

3.2 – Ondas transversais: São ondas nas quais as vibrações são perpendiculares à direção de propagação da onda.
Exemplo 1: Onda se propagando numa corda. Quando a mão da pessoa provoca a vibração da corda, a corda passa a vibrar perpendicularmente à direção de propagação da onda.

Exemplo 2: Todas as ondas eletromagnéticas são classificadas como transversais. Elas são compostas por um campo elétrico variável e um campo magnético variável, os quais são perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação.

OBS: Existem ondas que podem ser consideradas mistas, pois possuem vibrações transversais e longitudinais.

Exemplo: Ondas produzidas nos mares e lagos normalmente pela ação do vento sobre a superfície do líquido.

4- Classificação das ondas quanto à direção de propagação:

4.1 – Ondas unidimensionais: São as que se propagam em uma única direção.
Exemplo: Ondas nas cordas.

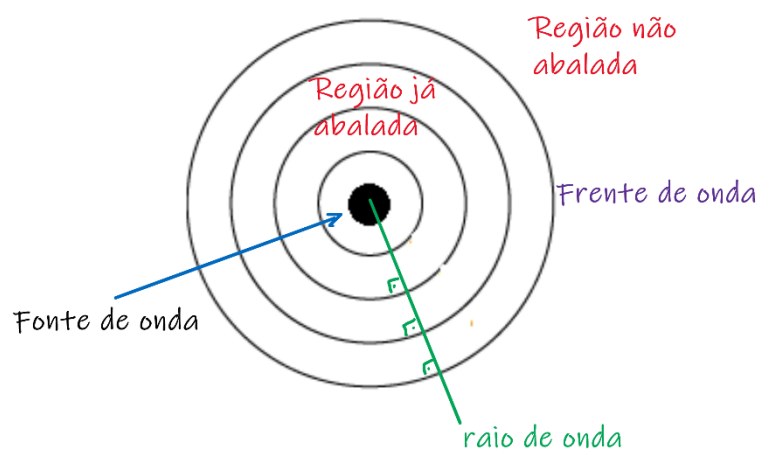
4.2 – Ondas bidimensionais: São as que se propagam em duas dimensões (superfície plana).
Exemplo: Ondas provocadas por uma pedra ao ser lançada num lago.

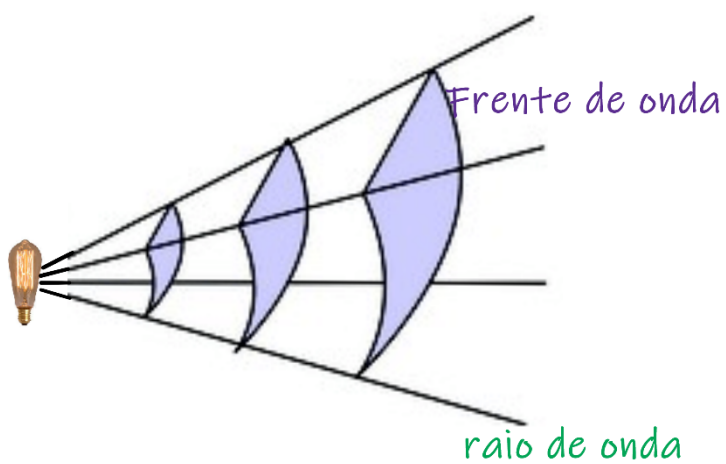
4.3 – Ondas tridimensionais: São as que se propagam nas três dimensões (superfície volumétrica).
Exemplo: Ondas sonoras, ondas luminosas.

5- Elementos geométricos das ondas:

5.1 – Frente de onda: É a fronteira que separa a região já atingida pela onda da região ainda não atingida pela onda, num dado momento. A frente de onda desloca-se com o tempo.

5.2 – Raio de onda: É a linha orientada que partindo da fonte de onda é perpendicular às frentes de onda. Eles indicam o sentido de propagação da onda.
Exemplo: Onda na água:

As frente de ondas são circunferências concêntricas.

Representação da onda na água.

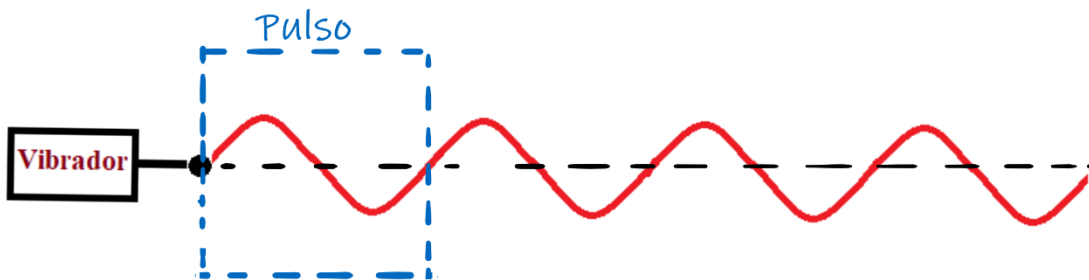
Exemplo 2: Luz:

As frente de onda são superfícies esféricas.

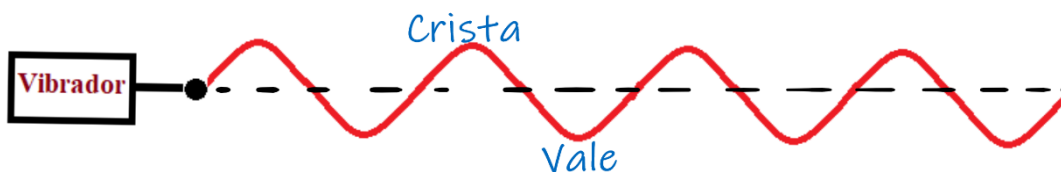
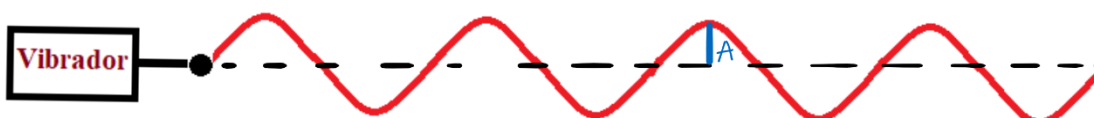
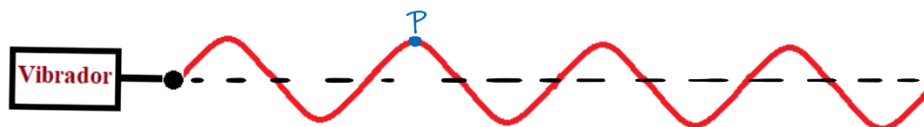
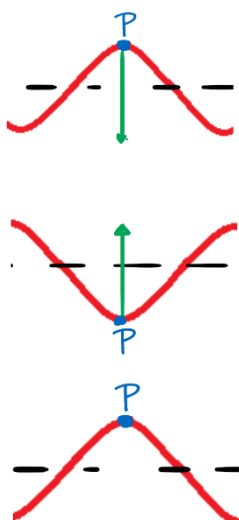
6- Ondas periódicas e grandezas físicas associadas a elas:

6.1 – Onda periódica: É uma sucessão de pulsos iguais.

Exemplo: Consideremos uma corda que possui uma fonte de ondas (vibrador) em uma de suas extremidades, conforme a figura:

O vibrador é simplesmente um dispositivo elétrico tendo uma paleta na qual é presa a corda, ao ligar o dispositivo a paleta começa a vibrar de forma uniforme, fazendo a corda vibrar de maneira sempre igual.

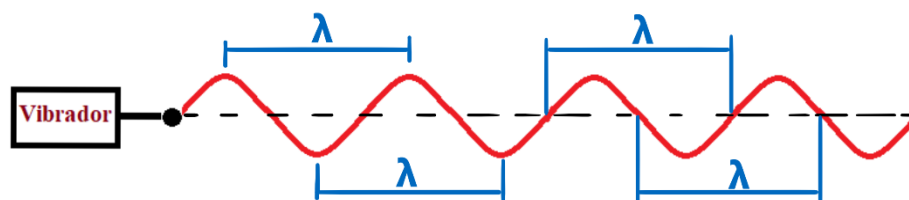
6.2 – Pulso da onda periódica: É o resultado de uma vibração completa da fonte, ou seja, é a parte da onda que vai sendo repetida em intervalo de tempos iguais.

Na figura acima temos representados quatro pulsos.

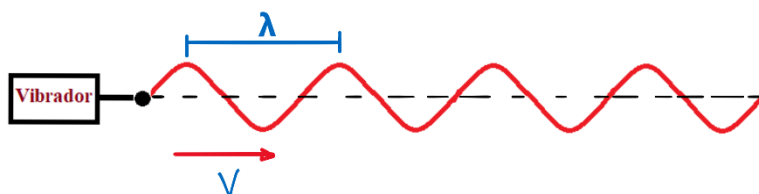
6.3 – Cristas e vales (depressão): São pontos de maior elongação durante a propagação da onda.

6.4 – Amplitude da onda (A): Corresponde ao maior valor da elongação e está relacionada à energia transportada pela onda. Entre duas ondas que se propagam no mesmo meio a que possuir maior amplitude é a que possui maior energia, podemos dizer que é a mais intensa a mais forte.

6.5 – Frequência da onda (f): É o número de oscilações na unidade de tempo. Podemos definir também como o número de pulsos na unidade de tempo. A frequência de uma onda depende apenas da frequência da fonte que produz a onda.

Considerando o ponto P indicado sobre a corda na figura acima, uma oscilação significa: ele deixar de ser uma crista se transformando em um vale e depois voltar a ser crista.

6.6 – Período da onda (T): É o intervalo de tempo necessária para qualquer ponto da onda dar uma oscilação completa. Na figura acima é o tempo para o ponto P passar de crista à vale e depois retornar a crista. O período também pode ser definido como o tempo de duração de um pulso.
A unidade de período no sistema internacional (SI) é o segundo.

Já estudamos no primeiro ano do ensino médio que a frequência é o inverso do período: $\mathbf{f=\frac{1}{T}}$.

No sistema internacional a unidade de frequência será 1/s que foi denominada de Hertz (Hz).

OBS: É comum aparecer na literatura a unidade de frequência como ciclos/s ou oscilações/s ou pulsos/s. Todas as unidades referidas equivalem a Hertz por são por segundo.

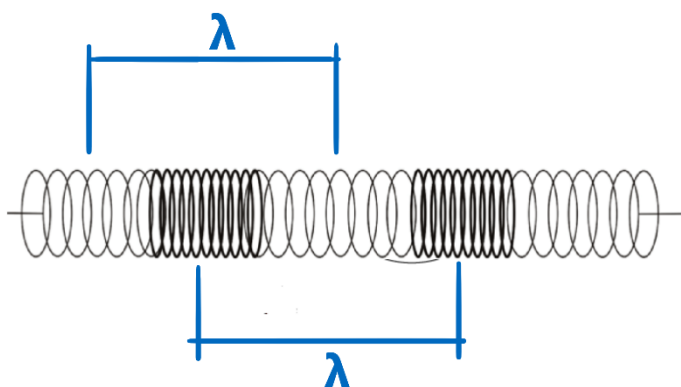
6.7 – Comprimento de onda (λ): Podemos definir comprimento de onda como a distância entre dois pontos consecutivos que possuem as mesmas características no mesmo instante de tempo.

Observe na figura que a distância entre duas cristas consecutivas ou entre dois vales consecutivos é um comprimento de onda. Também podemos observar na figura que o comprimento do pulso é um comprimento de onda.

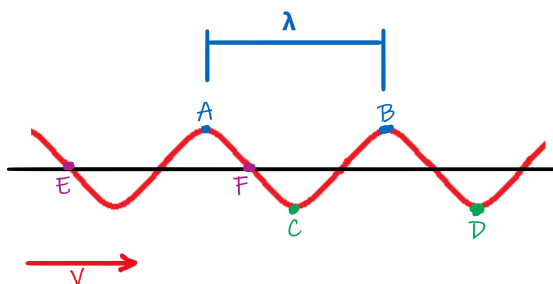
Podemos também definir o comprimento de onda como sendo o deslocamento da onda durante um intervalo de tempo igual ao período.

Sendo V a velocidade de propagação da onda, teremos: $V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, onde ΔS é o deslocamento e Δt o intervalo de tempo referente ao deslocamento.

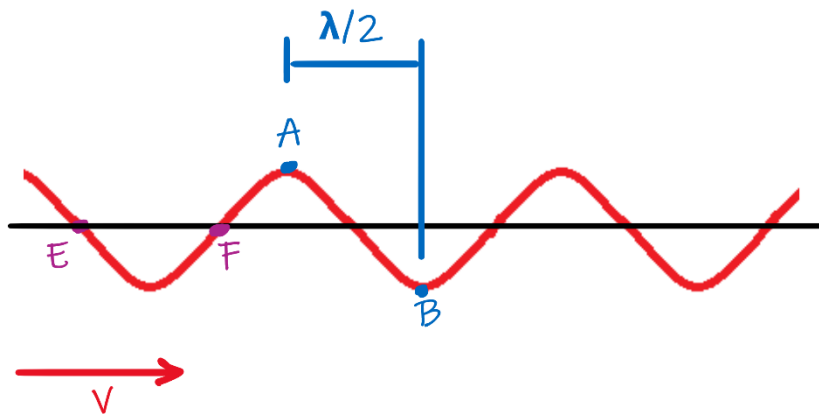
Sabemos que quando a onda desloca um comprimento de onda (ΔS=λ) o tempo decorrido é um período (Δt=T), logo teremos: $V = \frac{\lambda}{T}$.

Sabemos que f=1/T → T=1/f.

Na equação da velocidade podemos escrever: $V = \lambda \frac{1}{T}$, substituindo teremos: **V=λ.f.**

OBS: Nas ondas longitudinais o comprimento de onda é a distância entre os centros de duas compressões ou de duas rarefações consecutivas.

7 – Pontos em concordância e oposição de fase:

7.1 – Dois pontos de onda estão em concordância de fase quando apresentam a mesma elongação e se movem no mesmo sentido, em qualquer instante.

O ponto A está em concordância de fase com o ponto B, o ponto C está em concordância de fase com o ponto D e o ponto E está em concordância de fase com o ponto F.
É fácil perceber que a distância entre dois pontos consecutivos em concordância de fase é um comprimento de onda.

7.2 – Pontos em oposição e fase: Dois pontos estão em oposição e fase quando apresentam elongações opostas ou se movem sem sentidos opostos.

Na figura acima o ponto A está em oposição de fase com o ponto B e o ponto E está em oposição de fase com o ponto F. É fácil perceber que a distância entre dois pontos consecutivos em oposição de fase é metade do comprimento de onda.